

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

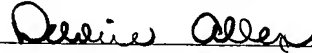
Inventor: Uwe Kellner-Werdehausen et al.	§	Group Art Unit:
	§	
Serial No.:	§	Examiner:
	§	
Filed: March 10, 2004	§	Attorney Docket No: 074313.0106
	§	Client Ref.: EUP028US
Title: Semiconductor Component	§	

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP PATENT APPLICATION  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450



EXPRESS MAIL LABEL: EV339227600US  
DATE OF MAILING: MARCH 10, 2004

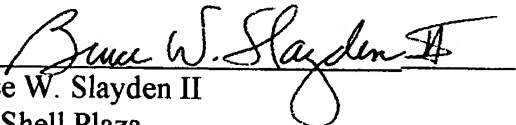
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application DE 102 31 199.4 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,  
BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

Date: March 10, 2004

By:   
Bruce W. Slayden II  
One Shell Plaza  
910 Louisiana Street  
Houston, Texas 77002-4995  
Telephone: 713.229.1786  
Facsimile: 713.229.7886  
ATTORNEYS FOR APPLICANTS

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung



**Aktenzeichen:** 102 31 199.4

**Anmeldetag:** 10. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** eupec Europäische Gesellschaft für  
Leistungshalbleiter mbH, 59581 Warstein/DE

**Bezeichnung:** Halbleiterbauelement

**IPC:** H 01 L 29/74



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Remus

## Beschreibung

## Halbleiterbauelement

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein in einem Halbleiterkörper angeordnetes Halbleiterbauelement mit mindestens einem integrierten Lateralwiderstand.

- 10 Solche Halbleiterbauelemente können beliebig ausgebildet sein, das heißt, es kann sich hier um einen Thyristor, einen IGBT, einen MOSFET, einen J-FET, einen Bipolartransistor oder schlicht um eine Widerstandsstruktur in einer wie auch immer ausgebildeten Halbleiterschicht handeln. Der Aufbau und die
- 15 Funktionsweise solcher Halbleiterbauelemente ist vielfach bekannt, so dass hier auf eine detaillierte Beschreibung dieser Halbleiterbauelemente verzichtet werden kann. Im folgenden soll als Beispiel eines Halbleiterbauelementes von einem Thyristor mit einer radialsymmetrisch ausgebildeten Widerstands-
- 20 struktur ausgegangen werden, ohne jedoch die Erfindung auf dieses Halbleiterbauelement zu beschränken.

Integrierte Widerstände spielen in Leistungs-Halbleiterbauelementen im Allgemeinen und bei Hochspannungsthyristoren im Besonderen eine große Rolle. Sie werden beispielsweise in Thyristorstrukturen mit sogenannter Amplifying-Gate-Struktur implementiert, um die Stromanstiegsgeschwindigkeit beim Einschalten des Thyristors zu begrenzen. Ohne integrierte Widerstände riskieren solche Thyristorstrukturen zerstört zu werden.

30

Der Aufbau eines Thyristors mit einer Amplifying-Gate-Struktur ist beispielsweise in dem Deutschen Patent DE 42 15 378 C1 beschrieben. Eine beispielhafte Weiterentwicklung dieser Thyristor-Struktur ist in der DE 196 50 762 A1, insbesondere dort in den Figuren 1, 3 und 4, beschrieben. Weiterhin sind Hochleistungsthyristoren und Verfahren zur Realisierung

35

von integrierten Widerständen in Thyristoren in einem Artikel von V.A.K. Temple, "Advanced Light Triggered Thyristor for Electric Power Systems", IEEE International Conference Thyristors and Variable and Static Equipment for AC and DC Transmission (1981) beschrieben.

In Thyristorstrukturen haben integrierte Widerstände den Zweck, den Strom durch eine oder mehrere der sogenannten Amplifying-Gatestufen zu begrenzen, um damit einer möglichen Zerstörung des Bauelements unter extremen Schaltbedingungen vorzubeugen. Ein Thyristor mit Amplifying-Gatestruktur ist meist radialsymmetrisch aufgebaut. Der Hauptemitter ist konzentrisch um eine oder mehrere Hilfsemitter angeordnet, die über Hilfsemitterelektroden bzw. sogenannte Amplifying-Gate-Elektroden kontaktiert sind. Zwischen einer oder mehreren dieser Amplifying-Gate-Elektroden kann ein integrierter Lateralwiderstand zum Schutz des Thyristors vorgesehen sein, der in einem eigens dafür vorgesehenen Widerstandsbereich angeordnet ist. Die Amplifying-Gate-Elektroden sind typischerweise kreisringförmig ausgebildet. Dadurch bedingt ist auch der integrierte Lateralwiderstand vorzugsweise von radialsymmetrischer Form. Der Wert des integrierten Lateralstandes  $R$  hängt zum einen vom Schichtwiderstand  $R_s$  und zum anderen vom Innen-  $r_i$  und Außenradius  $r_a$  des Widerstandsbereiches ab. Bei radialsymmetrischen Widerstandsstrukturen gilt also für den integrierten Lateralwiderstand  $R$ :

$$R = \int_{R(r_i)}^{R(r_a)} dR = \int_{r_i}^{r_a} \frac{R_s}{2\pi r} dr = \frac{R_s}{2\pi} \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right) \quad (1)$$

Für den differentiellen Widerstand  $dR(r)$  einer radialsymmetrischen Widerstandsstruktur gilt dann:

$$dR(r) = \frac{R_s}{2\pi r} dr. \quad (2)$$

Der Schichtwiderstand  $R_s$  ist abhängig von der Dotierungskonzentration sowie der Beweglichkeit der Ladungsträger in der Halbleiterschicht. Bei einer durch Diffusion erzeugten Widerstandsschicht wird der Schichtwiderstand  $R_s$  z.B. durch eine

5 Dotierungsbelegung sowie die gewählten Diffusionsparameter (Temperatur, Dauer der Diffusion) eingestellt. Bei einer homogen dotierten Widerstandsstruktur ist somit der Schichtwiderstand konstant.

10 Radialsymmetrische Lateralwiderstände bestehen jedoch häufig aus einem kreisringförmigen Widerstandsbereich, der eine oder mehrere kreisringförmige inhomogene Widerstandsbereiche enthält. In dem Europäischen Patent EP 472 880 B1, insbesondere deren Figuren 1 und 2, ist ein Thyristor mit einer solchen

15 lateralen inhomogenen Widerstandsstruktur sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung offenbart. Diese radialsymmetrischen Inhomogenitäten sind dort in äquidistanten Abständen zueinander angeordnet und weisen auch eine gleiche Ringdicke auf.

20 Das Problem bei einer solchen radialsymmetrischen Widerstandsstruktur besteht darin, dass der differentielle Widerstand  $dR(r)$  bei ortsunabhängigem Schichtwiderstand mit wachsendem Radius  $r$  immer kleiner wird. Eine solche radiale Abhängigkeit des differentiellen Widerstands  $dR$  ist dann besonders gravierend, wenn der Lateralwiderstand  $R$  unter bestimmten Schaltbedingungen, insbesondere bei hohen Strömen und/oder Spannungen, extrem stark belastet wird. Aufgrund der Ortsabhängigkeit des differentiellen Widerstandes wird in den inneren Widerstandsbereichen, die gegenüber den äußeren Wi-

30 derstandsbereichen einen signifikant höheren differentiellen Widerstand aufweisen, eine entsprechend höhere Leistung dissipiert. Die höhere dissipierte Leistung führt an diesen Stellen zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung, die sich auf das Temperaturverhalten sowohl des Lateralwiderstandes

35 selbst als auch der durch den BOD-Bereich eingestellten Schutzspannung auswirkt. Da die Werte des Lateralwiderstandes und der Schutzspannung von der Temperatur abhängen, führt je-

de weitere Temperaturerhöhung im Bauelement selbst zu einer Veränderung dieser eingestellten Werte. Bei extremen Bedingungen, das heißt bei hohen Strömen und/oder Spannungen, wird der Lateralwiderstand daher dort überlastet und thermisch zerstört, was verständlicherweise unter allen Umständen vermieden werden sollte.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine vorzugsweise radiale Ortsabhängigkeit des Schichtwiderstandes  $R_s$  derart zu realisieren, dass neben der Anforderung an den Gesamtwiderstand  $R$  eine weitere Anforderung an einen zweiten physikalisch relevanten Parameter erfüllt ist.

Die Aufgabe wird durch ein Halbleiterbauelement gemäß Anspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

Eine erfindungsgemäße Realisierung umfasst ein gattungsgemäßes Halbleiterbauelement mit einem ortsunabhängigen differentiellen Widerstand, also beispielsweise einem linear von  $r$  abhängigem Schichtwiderstand  $R_s$ . Alternativ könnte ein differentieller Widerstand vorgesehen werden, der so beschaffen ist, dass die im Widerstand dissipierte Leistung nicht mehr (oder nur noch schwach) von der Radialkomponente abhängt. In beiden vorgeschlagenen Fällen ist auch die Temperaturbelastbarkeit deutlich verbessert, da der radial innen liegenden Widerstandsbereich durch einen stärkeren Widerstandsbeitrag der außen liegenden Bereiche entlastet wird.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Realisierung eines gattungsgemäßen Halbleiterbauelementes, bei dem der differentielle Widerstand  $dR$  des Lateralwiderstandes ortsunabhängig ausgebildet ist. Es gilt:

$$dR/dr \approx K,$$

wobei mit  $r$  der differentiell Radius des Lateralwiderstandes bezeichnet ist und  $K$  eine beliebige Konstante darstellt.

Die Einstellung des weitestgehend konstanten differentiellen Widerstandes erfolgt typischerweise mittels im Widerstandsbereich angeordneten Inhomogenitäten. Diese Inhomogenitäten sind in dem Widerstandsbereich vorzugsweise radialsymmetrisch angeordnet und weisen z.B. gegenüber der Dotierung der übrigen, homogen dotierten Widerstandsbereiche eine unterschiedliche elektrisch aktive Dotierungskonzentration auf.

Die radialsymmetrischen Inhomogenität können wie folgt ausgebildet sein:

- Die Inhomogenitäten weisen durch Bestrahlung einen lokal veränderten (vorzugsweise erhöhten) Schichtwiderstand auf als der ursprüngliche Widerstandsbereich.
- Die Inhomogenitäten weisen durch Dotierung, beispielsweise Diffusion oder Implantation, eine veränderte, vorzugsweise höhere Dotierungskonzentration als der Widerstandsbereich auf.

Radialsymmetrische Inhomogenitäten, bei denen der Widerstand lokal erniedrigt bzw. die Dotierung lokal erhöht ist, können durch eine oder mehrere der nachfolgenden Maßnahmen realisiert sein:

- Die Breite oder der Durchmesser der Inhomogenitäten nimmt mit zunehmendem Radius ab.
- Der Abstand der Inhomogenitäten zueinander nimmt in radialer Richtung mit zunehmendem Radius zu.
- Die elektrisch aktive Dotierungskonzentration der Inhomogenitäten nimmt mit zunehmendem Radius ab.

Wird mit ansteigender Tiefe, mit der die Bereiche mit Inhomogenitäten in den Halbleiterkörper hineinragen, der Schichtwiderstand an den jeweiligen Inhomogenitäten lokal erhöht (z.B. durch lokales Bestrahlen oder Ätzen), so nimmt diese Tiefe mit zunehmendem Radius zu.

Die radialsymmetrischen Inhomogenitäten können in der Projektion Oberfläche des Halbleiterkörpers die folgenden Formen annehmen:

- 5       - Die Inhomogenitäten sind als konzentrische Kreisringe ausgebildet.
- Die Inhomogenitäten sind als Punkte oder Kreise ausgebildet, die konzentrisch um den Mittelpunkt des radialsymmetrischen Halbleiterbauelementes angeordnet sind.
- 10       Prinzipiell denkbar sind auch andere Geometrien (außer Punkte, Kreise).

Das Halbleiterbauelement selbst ist vorteilhafterweise als Thyristor, insbesondere als Hochspannungsthyristor, ausgebildet. Ferner ist der Thyristor in einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung radialsymmetrisch ausgebildet und weist insbesondere radialsymmetrische Emitterbereiche auf.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert: Es zeigt dabei:

Figur 1 einen Teilschnitt einer Amplifying-Gate Struktur eines Thyristors mit erfindungsgemäßem integriertem Widerstand;

Figur 2 anhand von Teilschnitten (a) - (b) ein erstes Verfahren zur Realisierung eines integrierten Lateralwiderstands mit ortsunabhängigem differentiellen Widerstand;

Figur 3 anhand von Teilschnitten (a) - (c) ein zweites Verfahren zur Realisierung eines integrierten Lateralwiderstands mit ortsunabhängigem differentiellen Widerstand.



Figur 1 zeigt einen Teilschnitt eines aus der eingangs genannten DE 196 50 762 A1 bekannten Thyristors. Ein Halbleiterkörper 1, beispielsweise eine Siliziumscheibe, enthält eine n<sup>-</sup>-dotierte anodenseitige Basiszone 2. Anodenseitig grenzt eine p<sup>+</sup>-dotierte Emitterzone 5 an die Basiszone 2 an. Die Emitterzone 5 ist an der Scheibenrückseite 13 großflächig über eine Anodenelektrode 6 elektrisch kontaktiert. Kathodenseitig schließt sich eine p-dotierte Basiszone 3 an. Die Basiszone 3 enthält eine Aussparung 4, wobei die Basiszone 3 im zentralen Bereich 8 des Thyristors über seine Geometrie einen Bereich mit reduzierter Durchbruchspannung definiert. Ein solcher Bereich mit reduzierter Durchbruchspannung ist dem Fachmann auch als BOD-Bereich bekannt und wird insbesondere bei sogenannten überkopfzündbaren Thristoren verwendet.

Kathodenseitig sind in der Basiszone 3 n<sup>+</sup>-dotierte Emitterzonen 7 eingebettet, die beispielsweise die Hilfsemitterzonen von Hilfsthystoren sein können. Die Emitterzonen 7 werden durch Emitterelektroden 10 kontaktiert. Außerdem kontaktieren die Emitterelektroden 10 an der Außenseite auch die Basiszone 3.

Das Halbleiterbauelement ist rotationssymmetrisch bezüglich der senkrecht auf den beiden Oberflächen 13, 14 des Halbleiterkörpers 1 stehenden Achse 15, die im zentralen Bereich 8 des Halbleiterbauelementes verläuft, aufgebaut. Die kathodenseitige Basiszone 3 und die Emitterzonen 7 sowie die entsprechenden Elektroden 10 sind in der Ebene der Oberfläche des Halbleiterkörpers 1 kreisförmig oder kreisringförmig ausgebildet. Der erfindungsgemäße Thyristor ist vorzugsweise ein Ringthyristor. Die dargestellten Formen der oben genannten Zonen und Schichten 3 bis 8 sind jedoch nicht zwingend. Sie können auch von der Kreisform bzw. Kreisringform abweichen und beispielsweise polygonal ausgeformt sein.

Der in dem Teilschnitt in Figur 1 dargestellte Thyristor weist ferner eine übliche Amplifying-Gate-Struktur und einen

in einem Widerstandsbereich 9 angeordneten integrierten Lateral-Widerstand R auf. Der integrierte Widerstandsbereich 9 befindet sich zwischen zwei Hilfsemittern der Amplifying-Gate-Struktur und zwar zwischen dem dritten und vierten  
5 Amplifying-Gate AG3, AG4. Der Widerstandsbereich 9 weist in Figur 1 nicht dargestellte radialsymmetrische, inhomogene Widerstandsbereiche derart auf, dass der differentielle Widerstand des Lateralwiderstandes R dadurch ortsunabhängig, d. h. konstant ist.

10

Solche inhomogenen Widerstandsbereiche, die nachfolgend auch als Inhomogenitäten innerhalb des Widerstandsbereiches 9 bezeichnet werden, können beispielsweise wie folgt ausgebildet sein:

15

- Der Widerstandsbereich 9 besteht aus einer Mehrzahl kreisringförmiger Widerstandsringe.
- Der Widerstandsbereich 9 enthält kreisringförmige inhomogene Bereiche, die gegenüber den übrigen Bereichen des Widerstandsbereiches 9 einen erhöhten oder erniedrigten  
20 Schichtwiderstand aufweisen und durch lokales Dotieren, Bestrahlen oder Ätzen erzeugt worden sind.

20

Nachfolgend wird anhand zweier Ausführungsbeispiele beschrieben, wie dieser erfindungsgemäße Widerstandsbereich 9 mit  
5 konstantem differentiellen Widerstand hergestellt werden kann.

#### Ausführungsbeispiel 1:

30

Figur 2(a) zeigt eine in einem Halbleiterkörper 1 angeordnete Siliziumschicht 20, in den der radial homogen dotierte Widerstandsbereich 9 eingebettet ist. Auf die Oberfläche des Halbleiterkörpers 1 im Bereich des Widerstandsbereiches 9 ist eine beliebige Maske 21, beispielsweise aus Siliziumdioxid oder  
35 Photolack, aufgebracht worden. Die freigelegten Bereiche der Maske 22 definieren radialsymmetrische, kreisringförmige Bereiche.

Die Figur 2(b) zeigt den Fortgang der Realisierung des erfindungsgemäßen Widerstandsbereiches 9 aus Figur 2(a). Nach einem geeigneten Prozessschritt, beispielsweise einer Bestrahlung, einer Diffusion, einer Implantation oder dergleichen, werden die radialsymmetrischen kreissringförmigen Inhomogenitäten 23 innerhalb des Widerstandsbereiches 9 erzeugt. Diese Inhomogenitäten 23 weisen entweder eine durch Bestrahlung erzeugte erhöhte Defektdichte und somit einen höheren Widerstand auf oder können alternativ eine durch Diffusion oder Ionenimplantation von Dotierelementen gleichen Leistungstyps bewirkte höhere Dotierungskonzentration und damit einen niedrigeren Widerstand aufweisen.

Im ersteren Falle wird zur Erzielung eines räumlich inhomogenen Lateralwiderstands von einem radial konstanten Schichtwiderstand im Widerstandsbereich ausgegangen, wobei der Widerstandsbereich über eine entsprechend strukturierte Maske mit Ionen bestrahlt wird. Dadurch werden an den Stellen der Bestrahlung Defekte im Widerstandsbereich 9 erzeugt, so dass die Leitfähigkeit an diesen Stellen abgesenkt wird. Eine typische Maskenform bildet im Falle eines ringförmigen Widerstandsbereiches beispielsweise eine Anordnung mit konzentrischen Ringen, wobei die Breite  $b$  der darin eingebetteten Inhomogenitäten 23 nach außen hin zunimmt und/oder bei denen der Ringabstand  $a$  nach außen hin abnimmt. Dabei werden die jeweiligen Breiten  $b$  und Abstände  $a$  so angepasst, dass die geforderten Eigenschaften nach dem radial konstanten differentiellen Widerstand erfüllt werden. Durch diese Maßnahme wird im Gegensatz zu der in der Deutschen Patentanmeldung DE 19 640 311.1 (von H.-J. Schulze) beschriebenen radial homogenen Absenkung des Schichtwiderstandes der radiale Verlauf des Schichtwiderstandes derart modifiziert, dass eine über dem Widerstand abfallende elektrische Spannung gleichmäßiger über den Widerstand verteilt wird und somit auch die im Widerstand dissipierte Leistung radial besser verteilt wird.

Außer den genannten ringförmigen Geometrien sind eine Reihe weiterer Maskengeometrien wie beispielsweise entsprechend angeordnete Lochmasken denkbar, die ebenfalls in etwa radial-symmetrisch angeordnet sind. Denkbar ist auch, die Maske 21 als Maske mit entsprechend räumlichen Dickenvariationen aus-  
5 zulegen, so dass an den Stellen erhöhter Dicke eine stärkere Absorption der Strahlung als an Stellen geringerer Dicke stattfindet, wodurch an den Stellen höherer Dicke eine geringere Defektdichte und somit ein geringerer Widerstand gene-  
10 riert wird. Während die Maskenform wesentlich durch den räumlichen Verlauf des Widerstandes bestimmt wird, kann der absolute Widerstandswert des Lateralwiderstandes darüber hinaus durch eine zusätzliche räumliche homogene Bestrahlung sehr genau eingestellt werden.

15 In dem vorstehenden Absatz wurden jeweils die Inhomogenitäten durch die Erzeugung von Defekten bewirkt. Bei durch Implantation oder Diffusion erzeugten Inhomogenitäten, bei denen die Dotierung lokal erhöht ist, ist hinsichtlich der Abstände  $a$   
20 der Kreisringe zueinander bzw. deren Breite  $b$  umgekehrt zu verfahren.

Zur Erzeugung eines konstanten differentiellen Widerstandes könnten darüber hinaus auch die Tiefen  $t_1$ ,  $t_2$  der Inhomogeni-  
25 täten 23 und/oder des Widerstandsbereiches 9 in geeigneter Weise variiert werden.

#### Ausführungsbeispiel 2:

30 In Figur 3(a) ist auf der Oberfläche der Siliziumschicht 20 eine homogene Dotierstoffbelegung 24 aufgebracht. Auf dieser ist wiederum eine strukturierte Maske 21, die die Funktion einer Ätz-Barriere inne hat, aufgebracht.

35 Die Figur 3(b) zeigt den Fortgang der Realisierung des erfindungsgemäßen Widerstandsbereiches 9 aus Figur 3(a), bei der

der Halbleiterkörper 1 einem Ätzprozess - im Beispiel in Figur 3(b) ist dies ein nasschemischer Ätzprozess - ausgesetzt wird. Durch das Ätzen werden die freiliegenden Bereiche 22 der Dotierstoffbelegung 24 weggeätzt, wobei die Bereiche der  
5 Dotierstoffbelegung 24 unterhalb der Maske 21 mit Ausnahme einer mehr oder weniger starken Unterätzung bestehen bleiben und eine strukturierte Dotierstoffbelegung 24' bilden.

Die Figur 3(c) zeigt den Fortgang der Realisierung aus Figur  
10 3(b). Hier ist die Siliziumschicht 20 nach einem Diffusionsprozess dargestellt, bei dem Dotierstoffe aus der strukturierten Dotierstoffbelegung 24' in die Schicht 20 diffundieren und dort den räumlich strukturierten Widerstandsbereich 9 bilden kann.

15 Der in Figur 3 skizzierte integrierte näherungsweise ortsunabhängige Widerstand mit ortsabhängigem Schichtwiderstand ist vorteilhafterweise das Ergebnis eines relativ schnell diffundierenden, dotierenden Elements. Bei einem p-dotierten  
20 Widerstandsbereich kann dieses Element beispielsweise durch Aluminium gebildet sein.

Der absolute Widerstandswert kann durch den Belegungswert, die gewählte Diffusionszeit und die Diffusionstemperatur eingestellt werden. Zusätzlich kann natürlich dem gesamten Prozessverlauf ein vorhergehender, nicht maskierter Dotierprozess (Diffusion oder Implanatation) zur Erzeugung einer homogenen Grunddotierung vorausgehen.

30 Eine weitere alternative Möglichkeit im Rahmen des zweiten Ausführungsbeispiels zur Herstellung eines Widerstandsverlaufs mit bestimmten räumlichen Eigenschaften besteht darin, die Dotierungselemente statt durch eine maskierte Dotierstoffbelegung durch eine maskierte Ionenimplantation (oder  
35 auch Diffusion) radial inhomogen im Halbleiterkörper 1 zu verteilen. Hierbei wird durch eine Maske, beispielsweise aus Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) oder Photolack,

dafür gesorgt, dass der zu diffundierende Dotierstoff während der Dotierphase (Implantation oder Diffusion) nur lokal in den Halbleiterkörper 1 eindringen kann. Es werden dadurch lokale Dotierwannen im Halbleiterkörper 1 erzeugt. Anschließend  
5 wird der Dotierstoff weiter in den Halbleiterkörper 1 eindiffundiert.

Im Falle eines ringförmigen Widerstandsbereiches 9 bietet sich für die Struktur der Ätzmaske 21 wiederum eine Anordnung  
10 konzentrischer Ringe an, deren Breite (b1) zur Erzielung eines radial konstanten differentiellen Widerstands nach außen hin abnimmt und/oder bei denen der Ringabstand (a1) nach außen hin zunimmt. Durch diese Maßnahme wird im Gegensatz zu der in der Europäischen Patentanmeldung EP 0 472 880 (von  
15 Kuhnert, Mitlehner, Schulze, Pfirsch) beschriebenen Einstellung des Schichtwiderstandes mit radial unveränderten Parametern a1 und b1, der radiale Verlauf des Schichtwiderstandes derart modifiziert, dass eine über dem Widerstand abfallende elektrische Spannung gleichmäßiger über den Widerstand ver-  
20 teilt wird und somit auch die im Widerstand dissipierte Leistung radial besser verteilt wird. Der endgültige Widerstandsverlauf wird durch einen abschließenden Diffusionsschritt hergestellt.

Die Erfindung sei nicht ausschließlich auf die gezeigten Ausführungsbeispiele der Figuren 1 bis 3 beschränkt. Vielmehr können dort beispielsweise durch Austauschen der Leitfähigkeitstypen n gegen p und umgekehrt sowie durch Variation der Dotierungskonzentrationen eine Vielzahl neuer Varianten angegeben werden. Die oben beschriebenen unterschiedlichen Ver-  
30 fahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements mit integriertem, inhomogenen Widerstandsbereich können auch kombiniert werden und lassen sich sowohl auf n- als auch auf p-leitende Widerstandsbereiche anwenden. Grundsätzlich können  
35 die erfindungsgemäßen Verfahren zur Realisierung jeder Art von Halbleiterbauelement angewendet werden. Besonders bevorzugt werden die beschriebenen Verfahren zur Herstellung eines

Thyristors eingesetzt. Ferner ließen sich selbstverständlich noch viele andere bekannte Verfahren zur Erzeugung der radial-symmetrischen Widerstandstrukturen mit konstantem differenziellen Widerstand angeben, die im Rahmen des handwerklichen  
5 Wissens eines Fachmanns liegen.

## Bezugszeichenliste:

	1	Halbleiterkörper
5	2	anodenseitige Basiszone
	3	kathodenseitig Basiszone
	4	Aussparung
	5	anodenseitig Emitterzone
	6	Anodenelektrode
10	7	kathodenseitig Emitterzonen, Hilfsemitterzonen
	8	zentraler Bereich, BOD-Bereich
	9	Widerstandsbereich
	10	Emitterelektroden
	12	Gateelektrode
15	13	Oberfläche, Scheibenrückseite
	15	Achse
	20	Siliziumschicht
	21	Maske
	22	freigelegte Bereiche in der Maske
20	23	Inhomogenitäten
	24	Dotierstoffbelegung
	24'	strukturierte Dotierstoffbelegung
	a, a1	Abstände
	AG1 - AG5	Amplifying-Gate
	HE	Hauptemitter
	b, b1	Breite
	R	Lateralwiderstand
	r	Radius
30	t1, t2	Tiefe



## Patentansprüche:

1. In einem Halbleiterkörper (1) angeordnetes Halbleiterbauelement mit mindestens einem integrierten radialsymmetrischen Lateralwiderstand, dadurch gekennzeichnet, dass der differentielle Widerstand  $dR$  des Lateralwiderstandes  $R$  ortsunabhängigen derart ausgebildet ist, dass gilt:

10

$$dR/dr \approx K,$$

wobei  $dr$  der differentielle Radius des Lateralwiderstands und  $K$  eine beliebige Konstante ist.

15

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schichtwiderstand  $R_s$  radial ortsabhängig gestaltet ist.

20

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der differentielle Widerstand  $dR$  radial konstant ist.

4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die im Widerstand dissipierte Leistung radial konstant ist.

30

5. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Lateralwiderstand  $R$  in einem homogen dotierten Widerstandsbereich (9) des Halbleiterbauelementes angeordnet ist, wobei der Widerstandsbereich (9) radialsymmetrische In-

35

homogenitäten (23) aufweist, die eine gegenüber der Dotierung des Widerstandsbereiches (9) unterschiedliche elektrisch aktive Dotierungskonzentration aufweisen.

6. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die radialsymmetrischen Inhomogenitäten (23) eine durch  
5 Bestrahlung erzeugten erhöhten Schichtwiderstand als der Widerstandsbereich (9) aufweisen.
7. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass die radialsymmetrischen Inhomogenitäten (23) eine durch zusätzliche Dotierung erzeugte höhere Dotierungskonzentration als der Widerstandsbereich (9) aufweisen.
8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Breite (b) oder der Durchmesser der räumlichen Inhomogenitäten (23) mit zunehmendem Radius r abnimmt.
9. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 8,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Abstand (a) der radialsymmetrischen Inhomogenitäten (23) in radialer Richtung mit zunehmendem Radius r zunimmt.
10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 9,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass die elektrisch aktive Dotierungskonzentration der radialsymmetrischen Inhomogenitäten mit zunehmendem Radius r abnimmt.
- 30 11. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Tiefe (t1), mit der die radialsymmetrischen Inhomogenitäten (23) in den Halbleiterkörper (1) eingebracht worden sind, so dass der Schichtwiderstand lokal erhöht wird, mit  
35 zunehmendem Radius r zunimmt.
12. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,  
dass die Tiefe ( $t_2$ ), mit der der Widerstandsbereich (9) in  
den Halbleiterkörper (1) eingebracht worden sind, mit zunehmendem Radius  $r$  abnimmt.

5

13. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die radialsymmetrischen Inhomogenitäten (23) in der Projektion der Oberfläche (14) des Halbleiterbauelementes als  
konzentrische Kreisringe ausgebildet sind.

10

14. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Inhomogenitäten (23) in der Projektion der Oberfläche (14) des Halbleiterbauelementes als Punkte oder Kreise  
ausgebildet sind, die konzentrisch angeordnet sind.

15

15. Halbleiterbauelement nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

20

dadurch gekennzeichnet,  
dass das Halbleiterbauelement als Thyristor, insbesondere als Hochspannungsthyristor, ausgebildet ist.

16. Halbleiterbauelement nach Anspruch 15,


dadurch gekennzeichnet,  
dass der Thyristor radialsymmetrisch ausgebildet ist und insbesondere radialsymmetrische Emitterbereiche (7) aufweist.

5

## Zusammenfassung

## Halbleiterbauelement

- 5 Die Erfindung betrifft ein in einem Halbleiterkörper angeordnetes Halbleiterbauelement mit mindestens einem integrierten radialsymmetrischen Lateralwiderstand mit ortsabhängigem Schichtwiderstand, dessen radiale Abhängigkeit vorzugsweise so gestaltet ist, dass der differentielle Widerstand  $dR$  radial konstant ist oder die im Widerstand dissipierte Leistung radial konstant ist.
- 10

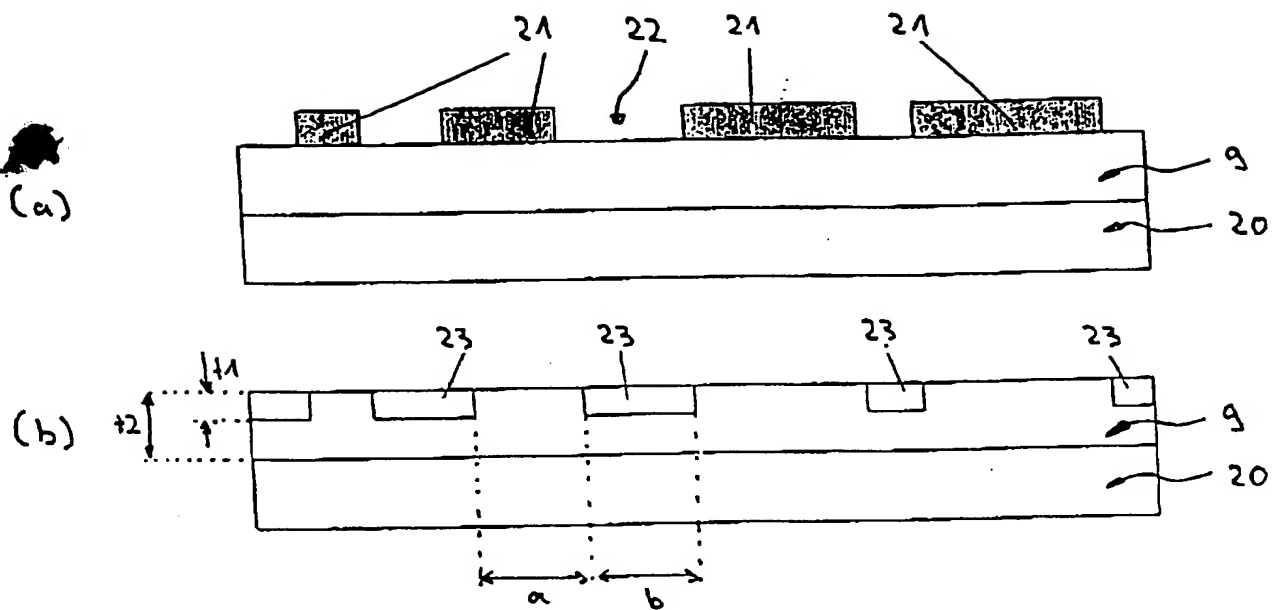


Figur 2

15







Figur 2

